

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

10/527562



REC'D 19 NOV 2003

WIPO

PCT

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

### Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 44 150.2

**Anmeldetag:** 23. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** Schmidt + Clemens GmbH + Co KG,  
Lindlar/DE

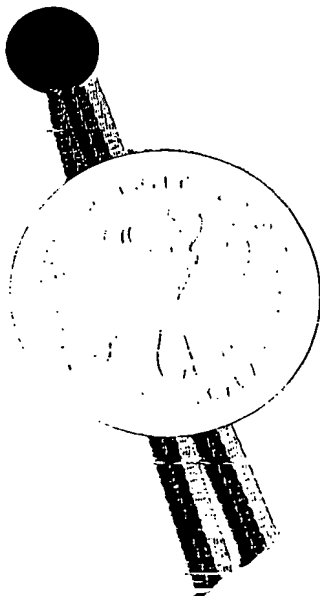
**Bezeichnung:** Rohrabschnitt für eine Rohrschlange

**IPC:** F 16 L, B 21 D, B 22 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 02. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Ebert



20. Sept. 2002  
44 762 K

Schmidt + Clemens GmbH + Co. KG

=====

Edelstahlwerk Kaiserau, 51779 Lindlar

=====

Zusammenfassung:

Aus einem einstückigen Rohr hergestellter, metallischer Rohrabschnitt für eine Rohrschlange, der mindestens zwei Rohrbogen aufweist.

### "Rohrabschnitt für eine Rohrschlange"

Die Erfindung befaßt sich mit Rohrabschnitten für eine Rohrschlange, insbesondere für Rohrschlangen für chemische Anlagen, beispielsweise petrochemische Anlagen wie Ethylencracker.

Bei Ethylen Crackern ist es bekannt, das zu crackende Medium in einer mehrfach gebogenen Rohrschlange durch einen Erhitzungsraum, beispielsweise einen Ofen, zu führen. Diese Rohrschlangen bestehen teilweise aus geradlinigen Rohren, die zur Bildung einer durchgängigen Rohrschlange in ihren Endbereichen über gebogene, mit den geradlinigen Rohren über Fügeverfahren verbundene Rohrabschnitte miteinander verbunden sind.

Ein Ausschnitt einer solchen aus dem Stand der Technik bekannten Rohrschlange ist beispielhaft in den Fig. 1 und 2 dargestellt. Bei dieser Rohrschlange sind die Rohre durch als Fittings bezeichnete, gebogene Rohrabschnitte verbunden. Die Fittings werden beispielsweise durch statischen Guß hergestellt und bilden einen einzigen Rohrbogen. Endseits sind die Fittings an Rohre angeschweißt.

Im Rahmen dieser Erfindung wird ein Rohrbogen als der Bereich eines gekrümmten Rohrs verstanden, in dem die Ausrichtung der Längsachse des Rohrs beständig ändert. Der Rohrbogen endet in dem Punkt, ab dem sich die Ausrichtung der Längsachse des Rohrs nicht mehr ändert.

Die Rohrschlangen des Standes der Technik weisen eine Vielzahl von Schweißnähten auf, die benötigt werden, um die einbogigen Fittings mit den Rohren zu verbinden. Hierdurch wird die Herstellung der Rohrschlangen aufwendig. Außerdem bilden Schweißnähte potentielle Schwachstellen für die Rißbildung in einer derartigen Rohrschlange. Da die Fittings und Rohre der bekannten Rohrschlangen häufig aus unterschiedlichen Werkstoffgefü-

gen bestehen, wird der Herstellungsaufwand durch das schwierige Verschweißen unterschiedlicher Metalle weiter erhöht. Zudem haben die aus statischem Guß hergestellten Fittings meist ein hohes Gewicht, so daß bei der hängenden Befestigung der Rohrschlange in einem Ofen, beispielsweise einem Ethylencracker, eine starke Belastung der Aufhängung erfolgt, bzw. ein verstärktes Kriechen (Rohrlängung) der Rohre auftritt. Außerdem führt die herstellungsbedingte erhöhte Wandstärke der Fittings zu einem schlechten Wärmeübergang zwischen dem die Rohrschlange umgebenden Wärmemedium und dem in der Rohrschlange geführten, zu behandelnden Medium. Die starke Wanddicke führt zudem durch den Temperaturgradienten zu zusätzlichen Spannungen, die zu Rissen in den Fittings führen können.

Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Rohrbogen zu schaffen, der ein leichtes Zusammenfügen einer Rohrschlange erlaubt.

Diese Aufgabe wird durch die nebengeordneten Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung baut auf dem Grundgedanken auf, den Rohrabschnitt mit mehreren Rohrbogen zu versehen. Damit kann mit einem einstückig hergestellten, metallischen Rohrabschnitt beispielsweise eine Verbindung zwischen zwei beabstandet zueinander parallel verlaufenden Rohren hergestellt werden. Auf das Verbinden zweier einfach gebogener Rohrabschnitte mit einem Zwischenrohr zur Herstellung dieser Verbindung kann verzichtet werden, wodurch die Zahl der Schweißnähte reduziert wird.

Als Rohrabschnitt wird erfindungsgemäß ein Körper verstanden, der durch Umformen aus einem einstückigen Rohr hergestellt wird. Dieser Rohrabschnitt ist von solchen Teilabschnitten einer Rohrschlange zu unterscheiden,

die durch Fügeverfahren, beispielsweise Schweißen, zu einem mehrfach gebogenen Teilabschnitt der Rohrschlange zusammengesetzt werden.

Als Längsachse wird im Rahmen dieser Erfindung die Linie verstanden, die die Flächenmittelpunkte der senkrecht zur Fließrichtung des im Rohrabschnitt geführten Mediums stehenden Querschnitte des in dem Rohrabschnitt zum Durchfluß des in ihm strömenden Mediums vorgesehenen Hohlraums verbindet. Diese Querschnitte sind vorzugsweise kreisförmig oder elliptisch.

Bevorzugt verläuft die Längsachse des Rohrabschnitts zwischen zwei Enden des Rohrabschnitts nicht in einer Ebene. Dadurch ist es möglich, mit dem Rohrabschnitt Teilabschnitte einer Rohrschlange zu erzeugen, die an spezielle Designvorgaben des Ofens, beispielsweise des Crackers, angepaßt sind. Der erfindungsgemäße Rohrabschnitt kann mehr als zwei Enden aufweisen, beispielsweise eine Gabelung aufweisen.

Eine besonders kompakte Bauweise einer Rohrschlange kann erreicht werden, wenn das Verhältnis von Biegeradius zum Rohrdurchmesser des Rohrbogens zumindest abschnittsweise kleiner als 1,5, vorzugsweise zumindest abschnittsweise kleiner als 1,1 und besonders bevorzugt zumindest abschnittsweise gleich 1,04 ist.

Ebenfalls läßt sich durch den erfindungsgemäßen Rohrabschnitt eine besonders kompakte Rohrschlange erzeugen, wenn die Zwischenlängen zwischen zwei Rohrbögen eines Rohrabschnitts klein gehalten werden, vorzugsweise kleiner als 300 mm, insbesondere vorzugsweise kleiner als 100 mm, besonders bevorzugt gleich 40 mm ist. Als Zwischenlänge wird die Länge des Teilabschnitts des erfindungsgemäßen Rohrabschnitts zwischen zwei Rohrbögen bezeichnet, in der sich die Ausrichtung der Längsachse des Rohrabschnitts nicht verändert.

Besonders bevorzugt wird der Rohrabschnitt aus einem der folgenden DIN EN 10027 Teil 1 **Werkstofftypen** (Werkstoffnummer in Übereinstimmung mit SEW595 und E DIN 17465; bzw. ASTM-Typ\*):

GX40CrNiSi25-20 (1.4848; HK 40\*),  
GX35CrNiSiNb24-24 (1.4855),  
GX45NiCrSi35-25 (1.4857; HP\*),  
GX43NiCrWSi35-25-4 (HP+W\*),  
GX40NiCrSiNb35-25 (1.4852; HP+Nb\*),  
GX45NiCrSiNbTi35-25 (HP+Nb Micro\*),  
GX10NiCrNb32-20 (1.4859; CT 15C\*),  
GX50CrNiSi30-30 (1.4868),  
G-NiCr28W (2.4879),  
GX45NiCrSiNb45-35,  
GX13NiCrSiNb45-35,  
GX13NiCrNb37-25,  
GX55NiCrWZr33-30-4 hergestellt.

Eine gleichmäßige Behandlung des in dem Rohrabschnitt geführten Mediums wird erreicht, wenn die Teilbereiche des Rohrabschnitts im wesentlichen die gleichen Durchmesser und/oder Wandstärke aufweisen. Außerdem wird durch die Ausgestaltung des Rohrabschnitts mit im wesentlichen gleicher Wandstärke eine Reduktion der Spannungen in dem Rohrabschnitt erreicht.

Besonders bevorzugt liegt die Wandstärke entlang des gesamten Rohrabschnitts zwischen 6 mm und 14 mm. Beispielsweise liegt die Rohrwandstärke des gesamten Rohrabschnitts minimal bei 8 mm im Zugbereich und maximal bei 11 mm im Druckbereich des Rohrbogens.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Innenoberfläche des Rohrabschnitts zumindest teilweise eine Rauigkeit von weniger als 12  $R_a$ , insbesondere zumindest teilweise eine Rauigkeit von ca. 3,2  $R_a$  auf. Mit der Reduktion der Rauigkeit der Innenoberfläche wird bei der Verwendung des Rohrabschnitts in Rohrschlangen einer petrochemischen Anlage, bei der Kohlenwasserstoffe in der Rohrschlange behandelt werden, die Ablagerung von Kokspartikeln auf der Innenoberfläche (Verkokung) und die Diffusion von Kohlenstoff ins Werkstoffinnere (Aufkohlung) minimiert. Außerdem wird die Bildung einer gleichmäßigen, dichten Chromoxidschutzschicht auf der Innenoberfläche des Rohrabschnitts durch die glatte Oberfläche begünstigt.

Eine erfindungsgemäße Rohrschlange für eine chemische Anlage, die aus durch Rohrabschnitte miteinander verbundenen einstückig hergestellten, metallischen Rohren zusammengesetzt ist, weist mindestens einen zumindest an einem seiner Enden mit einem der Rohre verbundenen, zuvor beschriebenen, erfindungsgemäßen Rohrabschnitt auf. Diese Rohrschlange läßt sich leicht herstellen, da durch die mehrfach gebogenen Rohrabschnitte parallel verlaufende Rohre leicht und mit einer geringen Zahl von Schweißnähten miteinander verbunden werden können.

Diese Verbindung eines Rohrabschnitts mit zumindest einem seiner Enden mit einem anderen Rohrabschnitt oder einem Rohr erfolgt besonders dann sehr leicht, wenn die Rohrabschnitte bzw. der Rohrabschnitt und das Rohr aus demselben Werkstoff hergestellt sind. Bedingt durch das gleiche Makrogefüge können die Rohre dann einfach miteinander verschweißt werden. Außerdem weisen die Rohre und die Rohrabschnitte die gleichen mechanischen Eigenschaften und die gleiche Aufkohlungs- und Verkokungsbeständigkeit auf. Dadurch wird der Ersatz von Rohrschlangen oder Teilen von Rohrschlangen planbarer.

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Herstellen des vorgenannten Rohrabschnitts bzw. der vorgenannten Rohrschlange ist zumindest ein

Rohrabschnitt aus einem Schleudergußrohr hergestellt. Das führt zu einer Flexibilität bei der Herstellung der Rohrabschnitte, insbesondere als Fittingersatz, da keine Modellanfertigung oder Modelländerung der zu gießenden Fittings notwendig ist, sondern der Rohrabschnitt unmittelbar in die gewünschte Konfiguration gebogen werden kann. Die erhöhte Flexibilität zeigt sich auch darin, daß für Anlagen, die durch eine besonders starke Kokserosion belastet werden, ohne großen Aufwand Rohrabschnitte mit größeren Umlenkradien hergestellt werden können. Da beim Entkokungsprozeß in petrochemischen Anlagen im Rohrinneeren abgelagerter Koks mit Sauerstoff und Wasserdampf abgebrannt wird und dadurch Kokspartikel anfallen, wird hier bei geringen Umlenkradien ein hoher erosiver Abtrag erzeugt. Diese Beschädigung der Innenseite der Rohrabschnitte kann durch größere Umlenkradien reduziert werden.

Rohrabschnitte aus im Schleudergußverfahren gefertigten Rohren besitzen im Bereich der Innenoberfläche feines, globulitisches Makrogefüge, das eine bessere Aufkohlungsbeständigkeit als das bei herkömmlichen Fittings vorhandene stengelige Gefüge besitzt. Außerdem dient das feine Gefüge bei Auftreten von Kriechschäden als Rißstopper. Zudem besitzen durch Schleuderguß hergestellte Rohre durch ihre hohe Umdrehungszahl beim Herstellungsprozeß bedingt eine viel höhere Reinheit als Gußteile aus statischem Guß.

Indem der mehrfach gebogene Rohrabschnitt aus einem geraden, durch Schleuderguß hergestellten Rohr, beispielsweise durch ein Fügeverfahren hergestellt wird, besteht die Möglichkeit, die Innenoberfläche des Rohrabschnitts vor der Herstellung des Rohrabschnitts beim noch geraden Rohr spanabhebend zu bearbeiten, wodurch eine sehr glatte, homogene Innenoberfläche erzeugt werden kann. Dies kann bei den im statischen Gußverfahren herstellungsbedingt bereits mit Rohrbogen hergestellten Fittings nicht erreicht werden. Außerdem ist bei der Herstellung des Rohrab-



schnitts aus Schleudergußrohren eine zusätzliche Veredelung der Innenoberfläche, beispielsweise durch Rollieren, leicht möglich.

Besonders bevorzugt wird der Rohrabschnitt durch induktives Biegen eines Schleudergußrohrs erzeugt. Dabei können Schleudergußrohre eingesetzt werden, deren Außenoberfläche nach dem Schleuderguß nicht behandelt wurde.

Besonders um bei der nachfolgenden spanabhebenden Innenbearbeitung der Rohre auftretende Kaltverfestigung zu minimieren, wird das Schleudergußrohr vor dem induktiven Biegen wärmebehandelt, insbesondere durch Lösungs- bzw. Spannungsarmglühen. Bevorzugt wird bei der Wärmebehandlung ein Temperaturbereich von 800° bis 1200°, insbesondere von 850° bis 1100° gewählt. Bevorzugt wird durch das Wärmebehandeln gewährleistet, daß Phasen aufgelöst werden, die zur Versprödung des Werkstoffs führen ( $\gamma'$ ). Ebenfalls kann durch das Wärmebehandeln die Menge an Primär- und Sekundärcarbidausscheidungen gering gehalten werden.

Erfindungsgemäß werden der zuvor beschriebene erfindungsgemäße Rohrabschnitt als Fittingersatz für Rohrschlangen verwendet. Insbesondere können bei bereits bestehenden Rohrschlangen zu ersetzende Fittings mit den erfindungsgemäßen Rohrabschnitten ersetzt werden.

Erfindungsgemäß wird der zuvor beschriebene Rohrabschnitt oder eine zuvor beschriebene Rohrschlange in einer petrochemischen Anlage, bevorzugt in einem Cracker, besonders bevorzugt in einem Ethylencracker, verwendet.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 einen herkömmlichen Rohrabschnitt einer Rohrschlange in einer Draufsicht von oben,

Fig. 2 einen herkömmlichen Rohrabschnitt einer Rohrschlange in einer Ansicht von hinten,

Fig. 3 einen erfindungsgemäßen Rohrabschnitt einer Rohrschlange in einer Draufsicht von oben und

Fig. 4 einen erfindungsgemäßen Rohrabschnitt einer Rohrschlange in einer Ansicht von hinten.

Bei dem bisher verwendeten, in Fig. 1 und 2 dargestellten Rohrabschnitt besteht dieser aus 3 Einzelstücken in Form zweier Fittings 1, 2 und eines Zwischenrohrs 3, die durch Rundschweißnähte 4 miteinander verbunden sind. An ihren anderen Enden sind die Fittings 1,2 mit geradlinigen Rohren 5, 6 der Rohrschlange durch Rundschweißnähte 7 verbunden.

Deutlich zu erkennen ist die im Verhältnis zum Zwischenrohr 3 größere Dicke der Fittings 1, 2. Diese im herkömmlichen Gußverfahren hergestellten Fittings 1, 2 weisen eine größere Wanddicke auf, als das Zwischenrohr, wodurch sich ein unterschiedlicher Wärmedurchgang ergibt. Außerdem ist der dargestellte, herkömmliche Rohrabschnitt aufgrund der Rundschweißnähte aufwendig herzustellen.

Der erfindungsgemäße Rohrabschnitt ist in Fig. 3, 4 dargestellt. Er ist aus einem Schleudergußrohr einstückig durch Induktivbiegen hergestellt. Die Längsachse A des Rohrabschnitts ändert sich zwischen den Punkten B und C sowie zwischen den Punkten D und E beständig. Zwischen den Punkten C und D ist ein Zwischenbereich vorgesehen, bei dem sich die Ausrichtung der Längsachse des Rohrs nicht ändert. Der erfindungsgemäße Rohrabschnitt 10 weist demnach zwei Rohrbogen 11, 12 auf. Wie die Zusammenschau der

Figuren 3 und 4 ergibt, verläuft die Längsachse A zwischen den Punkten B und E nicht in einer Ebene. Über Rundschweißnähte 15 ist der Rohrabschnitt 10 mit geradlinigen Röhren 13, 14 einer Rohrschlange verbunden.

Schutzansprüche:

1. Aus einem einstückigen Rohr hergestellter, metallischer Rohrabschnitt (10) für eine Rohrschlange, der mindestens zwei Rohrbogen (11, 12) aufweist.
2. Rohrabschnitt nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Längsachse (A) einzelner Teilabschnitt des Rohrabschnitts (10) zwischen zwei Enden des Rohrabschnitts (10) nicht in einer Ebene verläuft.
3. Rohrabschnitt nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verhältnis von Biegeradius zur Rohrdurchmesser eines Rohrbogens (11, 12) zumindest abschnittsweise kleiner als 1.5 ist.
4. Rohrabschnitt nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verhältnis von Biegeradius zur Rohrdurchmesser eines Rohrbogens (11, 12) zumindest abschnittsweise kleiner als 1.1, insbesondere kleiner oder gleich 1,04 ist.
5. Rohrabschnitt nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zwischenlänge zwischen zwei Rohrbögen kleiner ist als 300 mm.
6. Rohrabschnitt nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zwischenlänge zwischen zwei Rohrbögen kleiner oder gleich 40 mm ist.
7. Rohrabschnitt nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rohrabschnitt (10) aus einem der DIN EN 10027 Teil 1 Werkstoffe GX40CrNiSi25-20, GX40NiCrSiNb35-25, GX45NiCrSiNbTi35-25, GX35CrNiSiNb24-24, GX45NiCrSi35-25, GX43NiCrWSi35-25-4, GX10NiCrNb32-20, GX50CrNiSi30-30, G-

NiCr28W, G-NiCrCoW, GX45NiCrSiNb45-35, GX13NiCrNb45-35, GX13NiCrNb37-25, GX55NiCrWZr33-30-04 besteht.

8. Rohrabschnitt nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rohrabschnitt (10) im wesentlichen die gleiche Wandstärke aufweist.
9. Rohrabschnitt nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Wandstärke des gesamten Rohrabschnitts (10) zwischen 6 mm und 14 mm liegt.
10. Rohrabschnitt nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Innenoberfläche des Rohrabschnitts (10) zumindest abschnittsweise eine Rauigkeit von weniger als 12  $R_a$  aufweist.
11. Rohrabschnitt nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Innenoberfläche des Rohrabschnitts zumindest abschnittsweise eine Rauigkeit von weniger als 3,2  $R_a$  aufweist.
12. Rohrschlange für eine chemische Anlage, die aus durch mindestens einen Rohrabschnitt miteinander verbundenen Rohren zusammengesetzt ist, **gekennzeichnet durch** mindestens einen zumindest an einem seiner Enden mit einem der Rohre (13, 14) verbundenen Rohrabschnitt (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 11.
13. Rohrschlange nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rohrabschnitt zumindest an einem seiner Enden mit einem Rohr (13, 14) oder Rohrabschnitten verbunden ist, das bzw. der aus demselben Werkstoff hergestellt ist.
14. Verfahren zum Herstellen eines Rohrabschnitts nach einem der Ansprüche 1 bis 11 oder einer Rohrschlange nach einem der Ansprüche 12

oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Rohrabschnitt (10) aus einem Schleudergußrohr hergestellt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schleudergußrohr durch induktives Biegen verformt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schleudergußrohr vor dem induktiven Biegen wärmebehandelt wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Schleudergußrohr vor dem induktiven Biegen einer Wärmebehandlung mit einer Temperatur von 800°C bis 1200 °C unterzogen wird.
18. Verwendung eines Rohrabschnitts nach einem der Ansprüche 1 bis 11 als Fittingersatz für Rohrschlangen mit Fittings.
19. Verwendung eines Rohrabschnitts nach einem der Ansprüche 1 bis 11 oder einer Rohrschlange nach einem der Ansprüche 12 oder 13 in einem Cracker.

STAND DER  
TECHNIK

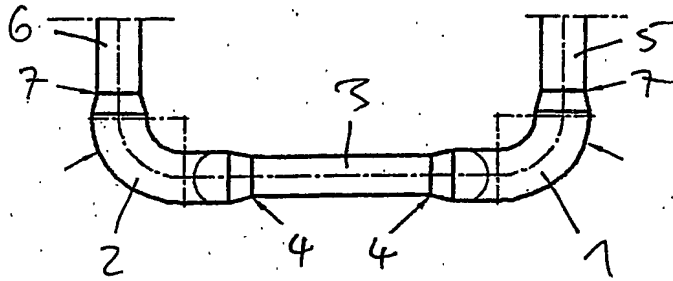


Fig. 1

STAND DER  
TECHNIK

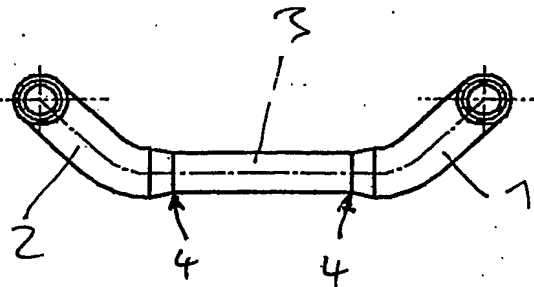


Fig. 2

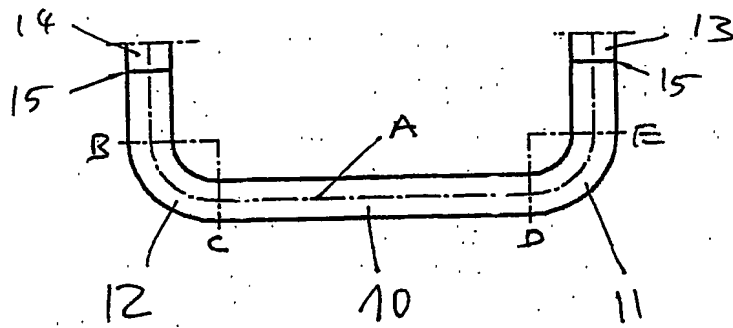


Fig. 3

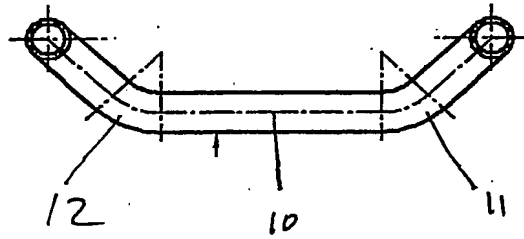


Fig. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**